



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 354 301**

51 Int. Cl.:
B23K 26/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05011079 .0**

96 Fecha de presentación : **29.06.1998**

97 Número de publicación de la solicitud: **1591187**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.11.2005**

54 Título: **Procedimiento de soldadura de chapas revestidas por un haz de energía, tal como un haz láser.**

30 Prioridad: **30.06.1997 FR 97 08223**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.03.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.03.2011

73 Titular/es: **AUTOMOBILES PEUGEOT
75, avenue de La Grande Armée
75116 Paris, FR
AUTOMOBILES CITROËN y
RENAULT S.A.S.**

72 Inventor/es: **Sanjeu, Catherine;
Kielwasser, Mathieu;
Fabbro, Rémy y
Criqui, Bernard**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 354 301 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

La presente invención concierne a un procedimiento de soldadura de chapas revestidas por un haz de energía, tal como, por ejemplo, un haz láser.

5 En particular, se aplica a la soldadura de chapas galvanizadas, aunque puede aplicarse igualmente a la soldadura de chapas revestidas de cualquier otro material cuya temperatura de evaporación sea inferior a la temperatura de fusión del material de base que constituye las chapas o de toda la estructura multicapa que presenta esta característica.

10 Las figuras 1 y 2 representan la soldadura por un haz láser 1, que funciona en modo pulsado o continuo, de dos chapas metálicas 2, 3 que comprenden respectivamente sobre sus dos caras opuestas dos revestimientos de cinc 4, 5; 6, 7 y se mantienen apretadas una contra otra por cualquier medio apropiado en la proximidad del emplazamiento de la soldadura, de manera que los dos revestimientos internos 5, 6 estén comprendidos entre las dos chapas 2, 3. Durante el desplazamiento del haz de soldadura 1 en el sentido indicado por la flecha F1, se realiza un cordón de soldadura 8 a fin de unir las chapas 2, 3 una a otra, y se forma un pasaje 9, denominado capilar, en la zona de metal fundido 10. Durante la soldadura de las chapas revestidas 2, 3 con el haz láser funcionando en modo continuo se tiene que, debido a que el punto de evaporación de los revestimiento 4-7 es inferior al punto de fusión del material de base que constituye las dos chapas 2, 3, el vapor de cinc 11 aprisionado entre estas dos chapas perfora la pared del baño líquido 10 como se representa en la figura 1 y penetra en el capilar 9 para golpear la parte frontal trasera de éste, como se representa en la figura 2, conduciendo a un capilar que ya no es estable y a una expulsión del baño metálico fundido 10. Los inventores han demostrado que la perforación de la pared del baño líquido se hace en uno o varios túneles 12, como se indica en las figuras 1 y 2. Durante la soldadura de las chapas 2, 3 con el haz láser funcionando en modo pulsado, el vapor de cinc formado durante cada impulso de soldadura es evacuado por el capilar sin provocar inestabilidad del baño líquido, como se representa en la figura 1. Durante cada impulso de pausa entre dos impulsos de soldadura sucesivos del haz de energía, el capilar 9 se cierra, como se representa en la figura 3.

25 Se observará que, durante el impulso de pausa, el nivel de energía del haz no es necesariamente nulo y puede contribuir todavía a la soldadura. No obstante, por comodidad, se utilizarán las expresiones "impulso de soldadura" e "impulso de pausa" en la presente descripción para designar los niveles alto y bajo del haz en modo pulsado.

30 Si la presión del vapor de cinc es demasiado baja, este vapor permanece confinado en una zona alrededor del baño líquido 10 como muestra la figura 3. Por el contrario, si esta presión de vapor sobrepasa una presión crítica, el vapor de cinc penetra en el baño líquido 10 formando una bolsa de gas 13 que alcanza un equilibrio sin expulsión del baño líquido 10 (figura 4) o que eleva y expulsa completamente el baño líquido 10 (figura 5). La referencia 14 designa un dispositivo de transporte de gas dirigido hacia el baño líquido 10 y en sí conocido.

35 Se observará que, durante el impulso de pausa, la parte 10a de la zona líquida 10 situada por el lado en el que las chapas no están aún soldadas puede comenzar a solidificarse: es por eso por lo que dicha parte se ha rayado en las figuras 3 a 8.

40 Se han propuesto numerosas soluciones para eliminar los inconvenientes debidos al desprendimiento incontrolado de los vapores de cinc que conducen a una soldadura de mala calidad.

Se puede citar, por ejemplo, la solicitud de patente japonesa JP 08090265, que describe un procedimiento de soldadura láser en el cual un haz láser realiza una perforación en el material fundido para evacuar los vapores. No obstante, el vapor evacuado influye sobre la estabilidad del procedimiento de soldadura.

45 Otra solución conocida consiste en materializar, antes de la soldadura, una holgura entre las chapas a soldar para permitir la evacuación de los vapores de cinc. No obstante, esta solución conocida tiene los inconvenientes de prever una operación suplementaria de realización de protuberancias, por ejemplo por embutición, en las chapas para la formación de la holgura y de necesitar un equipo adaptado para esta operación.

50 Otra solución conocida consiste en suprimir el revestimiento de cinc en el lugar de la soldadura y sustituirlo por un revestimiento diferente, tal como, por ejemplo, una aleación de níquel. Esta solución tiene el inconveniente de ocasionar un sobrecoste y de ser compleja debido a que se deposita un revestimiento diferente en ciertos lugares de las chapas.

55 Según todavía otra solución conocida, las chapas a soldar se disponen verticalmente y el haz de energía de soldadura se desplaza de abajo arriba de modo que el material fundido circule por gravedad, lo que tiene el efecto de mejorar la evacuación del vapor de cinc. Esta solución necesita un montaje particular

para que las chapas sean dispuestas en posición vertical y, eventualmente, en el caso de piezas complejas y/o de grandes dimensiones, tales como puertas de vehículos automóviles, es necesario modificar la orientación de la pieza para que el haz de energía de soldadura se desplace siempre de abajo arriba.

5 La presente invención tiene por objeto eliminar los inconvenientes anteriores de las soluciones conocidas aplicando un procedimiento de soldadura de chapas revestidas con ayuda de un haz de energía que permita obtener una buena calidad de soldadura sin adaptación de la geometría de las piezas y sin utilizar un equipo complementario más o menos complicado para sostener las chapas a soldar.

10 A este efecto, la invención propone un procedimiento de soldadura por un haz de energía de chapas revestidas de un material que tiene una temperatura de evaporación inferior a la temperatura de fusión del material de las chapas según la reivindicación 1.

El haz presenta una sección transversal sensiblemente elíptica cuyo eje grande está orientado en la dirección de desplazamiento del haz láser de soldadura.

Según una variante de realización, el haz láser antes citado es inclinado con relación a la horizontal para producir el capilar elíptico.

15 Según otra variante de realización, se prevén una o varias lentes cilíndricas o esféricas, uno o varios espejos cilíndricos o esféricos o unos elementos ópticos difractivos sobre el trayecto del haz láser para realizar el capilar elíptico.

Según todavía otra variante de realización, el haz láser antes citado oscila en la dirección de desplazamiento de la soldadura para producir el capilar elíptico.

20 Según otra variante más de realización, se prevé al menos otro haz láser que coopera con el primer haz láser antes citado para producir el capilar elíptico.

25 La invención se comprenderá mejor y otros objetos, características, detalles y ventajas de ésta aparecerán más claramente en el curso de la descripción explicativa que sigue hecha con referencia a los dibujos esquemáticos anexos, dados únicamente a título de ejemplo, que ilustran varios modos de realización de la invención y en los cuales:

- la figura 1 representa un procedimiento de soldadura de chapas revestidas por un haz láser con formación de vapor procedente de la evaporación del material de los revestimientos de las chapas;
- 30 - la figura 2 representa el efecto de expulsión del material fundido durante la soldadura por el vapor del material de los revestimientos de las chapas;
- la figura 3 representa el estado de la soldadura durante un impulso de pausa entre dos impulsos de soldadura consecutivos del haz de energía con el vapor de cinc confinado en una zona alrededor del baño fundido;
- 35 - la figura 4 representa la formación de una bolsa de vapor de cinc formada en el baño fundido durante un impulso de pausa del haz de energía sin provocar de expulsión de este baño;
- la figura 5 representa la formación de una bolsa de vapor de cinc tal en el baño fundido que ella expulsa completamente este baño,
- las figuras 6 a 8 representan un modo de realización de la invención que permite detectar una elevación del baño fundido y perforar el baño fundido para evacuar el vapor de cinc presente en la bolsa de este baño;
- 40 - la figura 9 representa un tren normal de impulsos de soldadura del haz de energía de soldadura que funciona en modo pulsado para soldar dos chapas;
- las figuras 10 a 12 representan cada una de ellas un tren de impulsos modificado del haz de energía de soldadura en modo pulsado que permite perforar la bolsa de vapor de cinc en el baño fundido,
- 45 - las figuras 13 y 14 representan una variante de realización de la invención según la cual el haz de energía de soldadura permite mantener una comunicación entre el capilar y un túnel formado en la interfaz de las dos chapas a soldar durante cada impulso de pausa de este haz para favorecer la evacuación del vapor de cinc;
- 50 - la figura 15 es una vista desde arriba según la flecha XV de la figura 1 y que representa un

modo de realización de la invención que permite modificar la forma en sección transversal del capilar para favorecer la evacuación del vapor de cinc;

- la figura 16 es una vista en sección semejante a las figuras 1 a 8, pero en el modo de realización de la figura 15; y
- 5 - la figura 17 representa un sistema óptico que permite obtener un haz de sección elíptica.

El procedimiento de la invención que permite soldar unas chapas revestidas con ayuda de un haz de energía, tal como un haz láser o un haz de electrones, evitando las expulsiones del baño metálico, se describe con referencia a dos modos de realización diferentes, utilizando uno de ellos un haz de energía de soldadura que funciona en modo pulsado y utilizando el otro un haz de este tipo que funciona tanto en modo pulsado como en modo continuo.

El primer modo de realización del procedimiento de la invención en el que el haz de energía funciona únicamente en modo pulsado, se describirá con referencia a las figuras 6 a 8, cuyas partes comunes a las ya descritas en el procedimiento de soldadura de las figuras 1 a 5 llevan las mismas referencias.

Según este modo de realización, se detecta la elevación del baño líquido 10 durante la formación de la bolsa de vapor de cinc 13 en este baño en el transcurso del tiempo de pausa de los impulsos del haz de energía incidente utilizando una fuente 15 que emite un haz incidente 16, tal como un haz láser HeNe, en dirección al baño líquido. Por supuesto, la fuente 15 es diferente de la fuente 17 que sirve para la soldadura, y se prevé igualmente un detector 18, tal como, por ejemplo, un fotodiodo, que permite medir las variaciones, direccionales, de intensidad o de forma, del haz 19 reflejado por la superficie del baño líquido 10. Las señales eléctricas proporcionadas por el detector 18 y representativas de tales variaciones son aplicadas a un circuito de tratamiento (no representado) apto para controlar la fuente 17 o una fuente anexa de un haz de energía de forma que los impulsos emitidos por ésta permitan perforar la bolsa de vapor de cinc 13 a través del baño líquido 10 y evacuar al exterior el vapor de cinc cuando la superficie del baño líquido 10 se eleva a una altura determinada. Más precisamente, cuando la superficie del baño líquido 10 es elevada por la bolsa 13 como se representa en la figura 7, el haz reflejado 19 puede ser desviado por la forma bombeada de superficie del baño 10 con el fin de que ya no se golpee el detector 18 o se le golpee bajo un ángulo diferente. En estas condiciones, el detector 18 ya no proporciona una señal eléctrica ni proporciona una señal modificada, de modo que el circuito de tratamiento controle la fuente 17 o la fuente anexa para que el haz de energía realice, en el curso de duración T_p de cada impulso de pausa I_p del tren de impulsos representado en la figura 9 entre dos impulsos de soldadura sucesivos I_s , una perforación 20 en la capa superior del baño líquido 10 y que desemboca en la bolsa 13 (figura 8). Tal perforación puede efectuarse durante cada impulso de pausa disminuyendo la magnitud de la duración del impulso de pausa I_p como se indica en la figura 10 o introduciendo en el curso de la duración T_p del impulso de pausa de nivel bajo I_p un impulso suplementario I_{p2} como se representa en la figura 11 y de una anchura y un nivel de intensidad definidos con el fin de no perforar más que la parte en forma de burbuja del baño líquido 10 para alcanzar la bolsa 13. Por supuesto, la detección de la subida del baño líquido 10 bajo el efecto de la bolsa de vapor de cinc 13 puede efectuarse para cualquier otro dispositivo óptico y de tratamiento de imagen, por ejemplo, por una cámara de vídeo, por interferometría, etc., estando estos dispositivos preferiblemente integrados en el cabezal óptico de focalización del haz de soldadura. Se ha representado en las figuras 6 a 8 la fuente anexa de haz láser 21 utilizada para favorecer la evacuación de vapor de cinc y situada de preferencia en la parte trasera del capilar 9, ya que se ha constatado que los vapores se evacuan más fácilmente por la parte trasera de este capilar.

Según una variante del primer modo de realización de la invención, la perforación de la bolsa de vapor de cinc 13 a través del baño líquido 10 se efectúa por detección, con ayuda de medios apropiados, de la desaparición de las onditas en la superficie del baño líquido. En efecto, un eventual inflado del baño líquido alisa las irregularidades en la superficie de éste debidas a las agitaciones hidrodinámicas. Las onditas desaparecen o se reducen bajo la acción de las fuerzas de tensión superficial y la detección de cualquier modificación de la superficie del baño 10 podrá revelar una formación de la bolsa de vapor de cinc 13. Tal información podrá detectarse y tratarse como se describe en la variante de realización anterior adaptando el tren de impulsos del haz energético, de preferencia el haz de soldadura, como se representa en la figura 10 o en la figura 11.

Según otra variante de este modo de realización, la perforación de la bolsa de vapor de cinc 13 puede efectuarse previendo la elevación del baño líquido 10 por medición de la cantidad de vapor de cinc evacuada previamente. En efecto, como ya se ha explicado anteriormente, la operación de soldadura se traduce en la evaporación, en la interfaz de las chapas a soldar 2, 3, de una cierta cantidad del revestimiento de cinc. Si la cantidad de vapor de cinc evacuada durante cada impulso de pausa del haz de energía es inferior a la cantidad predeterminada a evacuar, es previsible una expulsión del baño líquido 10. En estas condiciones, el resultado de tal comparación se explota para disminuir la duración de cada impulso de pausa, como se representa en la figura 10, o para introducir un impulso suplementaria en el impulso de pausa, como se representa en la figura 11, para realizar durante cada impulso de pausa la perforación 20 de evacuación

del vapor de cinc presente en la bolsa 13. La cantidad de cinc evacuada durante la soldadura puede medirse por un método espectroscópico después del calibrado por un análisis en régimen de condición estable.

5 Según otra variante más del primer modo de realización de la invención, la perforación 20 de la bolsa de vapor de cinc 13, en lugar de realizarse después de la detección en tiempo real de la elevación del baño 10 como se explica con referencia a las figuras 6 a 8, puede realizarse permanentemente, de una manera sistemática, en cada ciclo de soldadura $T_s + T_p$ del tren de impulsos emitidos por la fuente de energía de soldadura 17 o la fuente anexa. Así, en el curso de la duración T_p del impulso de pausa I_p de este tren de impulsos, puede introducirse al menos un impulso de forma adaptada I_{p2} como se representa en la figura 11 para realizar la perforación 20.

10 Según una última variante de este modo de realización de la invención, la evacuación del vapor de cinc puede efectuarse igualmente manteniendo una comunicación entre el capilar 9 del baño líquido 10 y el túnel 12 formado como se explica anteriormente con referencia a las figuras 1 y 2. A este efecto, la forma del tren de impulsos emitidos por el haz energético de soldadura o el haz energético externo se elegirá de manera que se conforme a la del tren de impulsos de la figura 11 o a la del tren de impulsos de la figura 12, que son formas de trenes de impulsos dadas a título de ejemplo. Así, durante cada ciclo de soldadura, el impulso de pausa I_p está adaptado para realizar la unión o comunicación permanente entre el túnel 12 y el capilar 9 como se representa en la figura 13. La figura 14 muestra el haz de energía de emisión por impulsos 1 suministrado por la fuente de soldadura o por la fuente externa y cuyos impulsos son generados conforme al tren de impulsos de la figura 11 o de la figura 12 para formar la comunicación permanente entre el túnel 12 y el capilar 9.

20 Conforme al segundo modo de realización de la invención, el haz de energía que permite soldar las chapas revestidas 2, 3 tanto en modo de funcionamiento pulsado como en modo de funcionamiento continuo, mejorando el escape del vapor de cinc a través del capilar 9 y evitando así las expulsiones del baño líquido 10, está adaptado para realizar el capilar 9 de modo que éste presente en sección transversal una forma alargada, en particular sensiblemente elíptica, como se representa en la figura 15, estando dirigido el eje grande de esta forma elíptica en la dirección de desplazamiento del haz de energía de soldadura simbolizado por la flecha F1. El haz de energía que permite realizar el capilar elíptico 10 puede ser proporcionado por la fuente de soldadura o una fuente externa y es de preferencia un haz láser. La distribución energética de esta sección elíptica del capilar 10 se determina de modo que permita un proceso de soldadura a la vez que se alarga el capilar a fin de no perturbar la salida del vapor del revestimiento, disminuir la influencia del vapor metálico durante su evacuación sobre la estabilidad del procedimiento de soldadura y aumentar así el caudal gracias a una sección más importante del capilar 9. Se ha constatado que se obtenía un capilar estable con un haz de sección alargada, lo que no siempre es el caso con un haz de sección circular.

30 En la figura 16 se ve que, gracias a este aumento de la sección, los vapores de cinc se escapan más fácilmente y/o golpean el frente trasero del capilar sin deformarlo y/o sin correr el riesgo de expulsiones de líquido como en el caso, por ejemplo, de la figura 2.

40 La forma alargada, en particular elíptica, del capilar 9 puede realizarse por diferentes técnicas. Una de estas técnicas consiste en utilizar un haz de energía de sección circular, pero inclinado con relación a la cara superior de la chapa 2 de manera que la sección horizontal de este haz sea elíptica. Otra técnica consiste en prever una o varias lentes cilíndricas o esféricas, uno o varios espejos cilíndricos o esféricos, o unos elementos difractivos o cualquier otro dispositivo análogo dispuesto sobre el trayecto del haz de energía con el fin de generar la forma elíptica del capilar 9 durante la operación de soldadura.

45 La figura 17 representa un sistema óptico que permite realizar un haz elíptico. Este sistema comprende dos espejos cilíndricos 22 y 23 que configuran de manera conocida un telescopio de forma que el haz que ellos producen tenga una relación de longitud a anchura definida y un espejo parabólico clásico 24 que focalice este haz en un punto. La distancia d entre los dos espejos 22 y 23 es ajustable y permite así tener una focalización según el eje grande y el eje pequeño de la elipse en el mismo lugar. En otros términos, el astigmatismo puede regularse, si es necesario, a cero.

50 El interés de este sistema óptico es el de poseer un sistema de focalización y un sistema que genera la relación anterior independientes uno de otro. Se podrá cambiar la relación o cambiar la focalización conservando una relación idéntica. Debe observarse que los ángulos de incidencia del haz sobre los espejos están optimizados de modo que el sistema óptico se regule fácilmente y minimice las aberraciones ópticas.

55 Todavía otra técnica consiste en utilizar un haz de energía que oscile en la dirección de desplazamiento de la soldadura con el fin de producir la forma elíptica del capilar 9. Finalmente, dos o más haces de energía que tengan posiciones y ángulos de ataque apropiados pueden utilizarse para crear el capilar elíptico 9.

Así, una optimización de la forma elíptica del capilar 9 permite una evacuación del vapor de cinc sin

perturbar el baño metálico 10 y aumentar el caudal de escape del vapor del material de revestimiento.

Finalmente, se señalará que la distribución de intensidad en la sección del haz de soldadura será tal que permita la soldadura a la vez que la optimiza a fin de economizar energía. Se ha constatado que los mejores resultados se obtienen con la intensidad del haz más fuerte en la parte delantera de éste con respecto a su dirección de desplazamiento.

5

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento de soldadura por un haz láser de chapas (2, 3) revestidas de un material (4-7) que tiene una temperatura de evaporación inferior a la temperatura de fusión del material de las chapas (2, 3), de modo que el material del revestimiento (4-7) se evapore durante la soldadura creando vapor presente en el capilar (9) formando por el material fundido de soldadura, caracterizado porque el haz láser (1) es dirigido sobre la zona de soldadura y está concebido para realizar una capilar (9) que presenta una sección transversal alargada según la dirección de desplazamiento del haz láser de soldadura y que permite mejorar la evacuación del vapor del material de revestimiento sin perturbación a través del capilar (9).
- 10 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el haz láser de soldadura presenta una sección transversal sensiblemente elíptica cuyo eje grande está orientado en la dirección de desplazamiento del haz láser de soldadura.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el haz láser (1) antes citado es inclinado con relación a la horizontal para producir el capilar elíptico (9).
- 15 4.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque consiste en prever una o varias lentes cilíndricas o esféricas, uno o varios espejos cilíndricos o esféricos, o unos elementos ópticos difractivos sobre el trayecto del haz láser para realizar el capilar de forma elíptico (9).
- 5.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el haz láser (1) oscila en su dirección de desplazamiento de la soldadura para producir el capilar elíptico (9).
- 20 6.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque consiste en prever al menos otro haz láser que coopera con el primer haz láser (1) antes citado para producir el capilar elíptico (9).

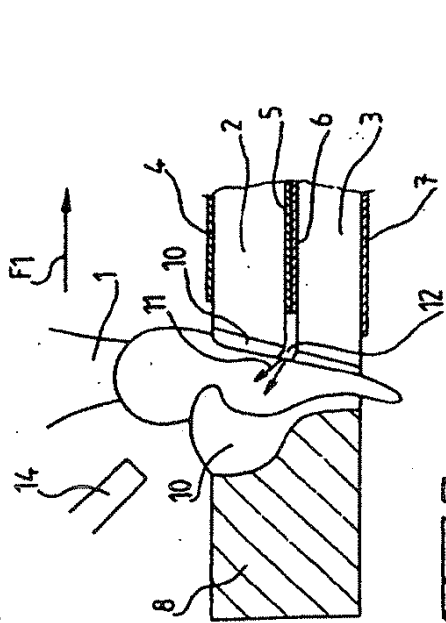


FIG. 1

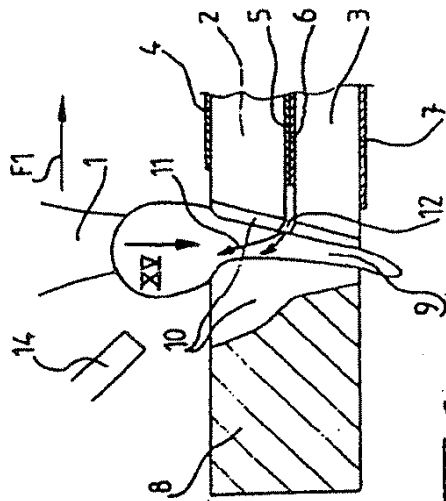


FIG. 2

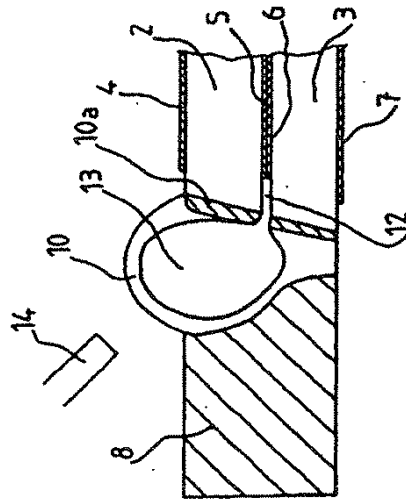


FIG. 3

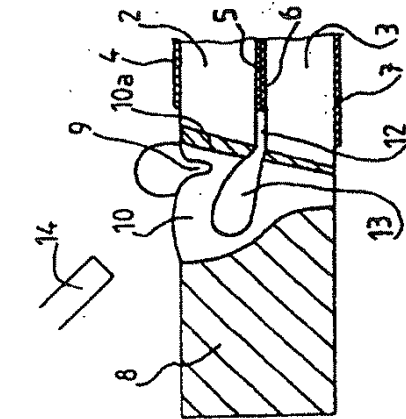


FIG. 4

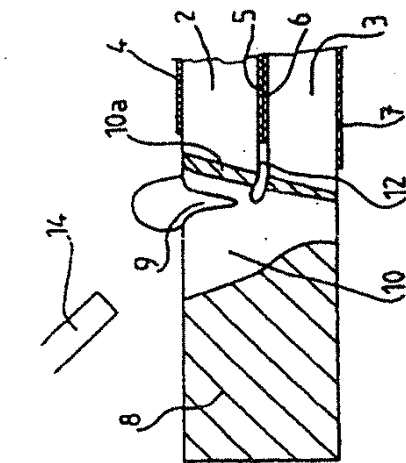


FIG. 5

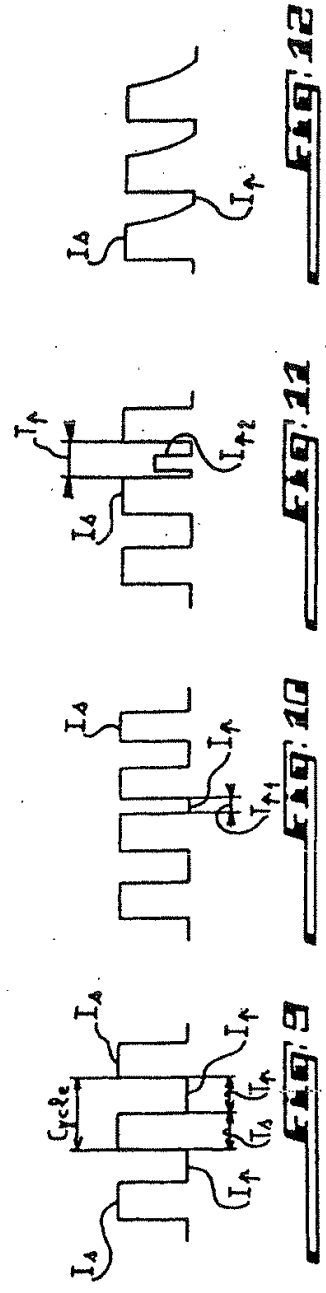
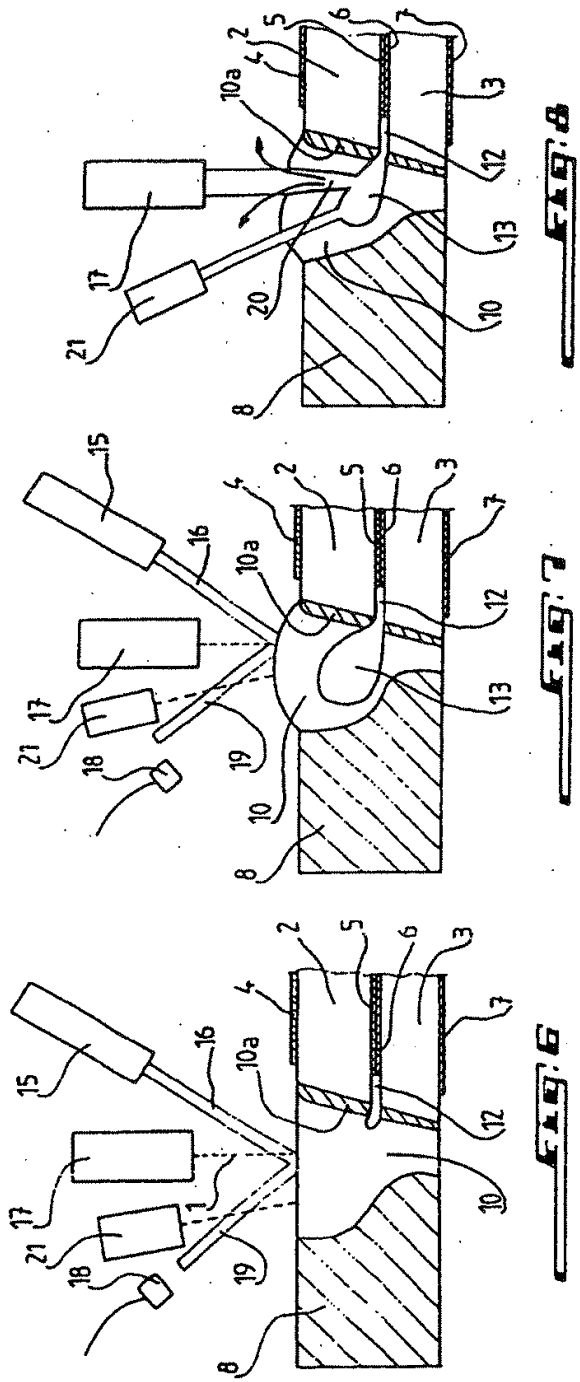


FIG. 13

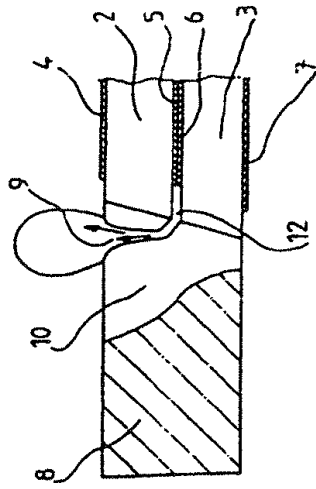


FIG. 14

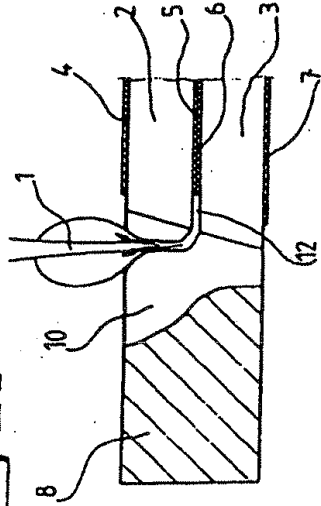


FIG. 15

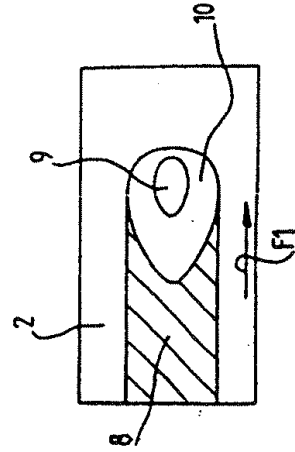


FIG. 16

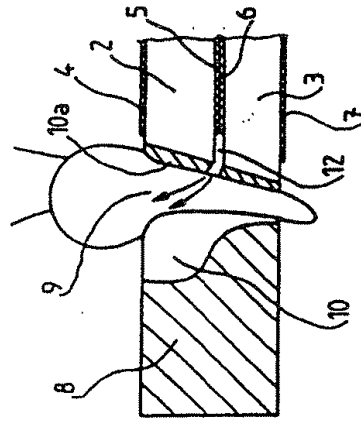


FIG. 17

